

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-025805  
(43)Date of publication of application : 29.01.1992

(51)Int.Cl. G02B 6/32

(21)Application number : 02-129192 (71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH  
CORP <NTT>  
(22)Date of filing : 21.05.1990 (72)Inventor : NAGAOKA SHINJI

(54) OPTICAL COUPLING CIRCUIT AND PIPE FOR FIBER COUPLING USABLE  
THEREFOR AND PRODUCTION THEREOF

(57)Abstract:  
PURPOSE: To contrive the miniaturization of the circuit, the decrease of losses and the improvement in productivity, etc., by connecting and fixing GI type multimode fiber pieces of a prescribed length to the front ends of single mode fibers in a coupling pipe, and thereby constituting the collimating optical coupling circuit.  
CONSTITUTION: The GI type multimode fiber pieces 102 are respectively connected and fixed via the fiber coupling pipe 103 to the front ends of the single mode fibers 101 on the incident side and exit side removed of protective resin layers. The length l of the fiber pieces 102 is determined by the focusing constant g to determine the refractive index distribution of the core part and integer n with  $l=(2.n+1).0.5. \pi /g$ . The coupling pipe 103 is formed by forming a specific metallic layer of a prescribed thickness on the outer periphery of an optical fiber or metallic circular cylindrical rod having a specified size and cutting the pipe or rod to a specified length, then melting the fiber or metallic rod on the inner side. The coupling pipe 103 having high accuracy is thus easily produced at a high yield.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑫ 公開特許公報(A) 平4-25805

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>  
G 02 B 6/32

識別記号 庁内整理番号  
7132-2K

⑭ 公開 平成4年(1992)1月29日

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全12頁)

⑮ 発明の名称 光結合回路並びにそれに用いるファイバ結合用パイプ及びその製造方法

⑯ 特 願 平2-129192

⑰ 出 願 平2(1990)5月21日

⑱ 発 明 者 長 岡 新 二 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

⑳ 代 理 人 弁理士 光石 英俊 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

光結合回路並びにそれに用いるファイバ結合用パイプ及びその製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) 入出力用単一モード光ファイバ両端を該単一モード光ファイバ固有のビームスポットサイズより大きなビームサイズを有する平行光束を介して結合するコリメート光結合回路であって、

上記単一モード光ファイバの結合側の各端部には該単一モード光ファイバのクラッド外径と略同一の内径を有すると共に所定の長さを有する薄肉金属パイプからなるファイバ結合用パイプが嵌着し当該ファイバ結合用パイプ内にてクラッド径が当該単一モード光ファイバと同一でコア直径が当該単一モード光ファイバより大きく且つコア部分の屈折率がコア中心からクラッド境界へ向けてその径方向

の距離に応じて略二乗分布で減少する所定長さの多モードファイバ片の一方の端面と当該単一モード光ファイバの端面とが接続固定されており、

該多モードファイバ片の他方の端面両端が所定の距離を隔てて対向配置されている、ことを特徴とする光結合回路。

(2) 請求項1において、多モードファイバ片の長さ $l$ が、多モードファイバ片のコア部分の屈折率分布を決定する集束定数 $g$ から決まる当該多モードファイバ片内伝播光の周期の $1/4$ の奇数倍であり、下記式が成り立つことを特徴とする光結合回路。

$$l = (2 \cdot n + 1) \cdot 0.5 \cdot \frac{\pi}{g}$$

(但し、 $n = 0, 1, 2, 3, 4 \dots$ )

(3) 請求項1又は2において、ファイバ結合用パイプが、その長手方向に亘って周方向の一部が切り欠かれた切り欠け部を有することを特徴とする光結合回路。

(4) 請求項1, 2又は3において、多モードフ

ファイバ片の単一モード光ファイバと接続している端面とは反対側の端面には、無反射膜が施されていることを特徴とする光結合回路。

- (5) 光ファイバ両端を接続固定するパイプであって、上記光ファイバのクラッド外径と略同一の内径を有する薄肉金属パイプからなることを特徴とするファイバ結合用パイプ。
- (6) 光ファイバのクラッド外径と略同一の内径を有する薄肉金属パイプからなり光ファイバ両端を接続固定するファイバ結合用パイプを作製するに際し、

上記クラッド径と略同一若しくは多少太い外径を有する光ファイバ若しくは金属円柱棒の外周へ所定の長さに亘って、該光ファイバ若しくは金属円柱棒を溶解可能な溶液に対して溶解しない金属からなる金属層を所定の厚みに形成し、

この金属層を形成した光ファイバ若しくは金属円柱棒を所定の長さに切断した後、これを当該光ファイバ若しくは金属円柱棒のみを

溶解できる溶液に浸して該光ファイバ若しくは金属円柱棒のみを溶解除去する、

ことを特徴とするファイバ結合用パイプの製造方法。

### 3 発明の詳細な説明

#### <産業上の利用分野>

本発明は、小形・簡易構造で低損失なコリメート光結合回路並びにそれに用いるファイバ結合用パイプ及びその製造方法に関する。

#### <従来の技術及び発明が解決しようとする課題>

光ファイバ出射ビームを拡大し且つ平行光束に変換して両ファイバ間を接続したり、拡大平行光束部分へプリズム、ミラー、干渉膜フィルター等の光学要素を配置して光分枝、光スイッチング、波長選択等の機能を実現する所謂マイクロ 옵ティクス光回路部品を構成する際には、通常、入出力ファイバの端面近傍へコリメート用並びに集光用レンズを配置して対向光ファイバ間にコリメート光結合回路が形成される。

第6図(a)、(b)には従来のコリメート光結合回路を示す。第6図(a)の例は、入射側及び出射側の光ファイバ1Aの端面近傍へ集束性ロッドレンズ2Aをそれぞれ配したものであり、集束性ロッドレンズ2A間に形成される略平行光束3Aにより両光ファイバ1Aを結合するものである。また、第6図(b)は集束性ロッドレンズ2Aの代りに球レンズ2Bを使用したものであり、球レンズ2B間に形成される略平行光束3Bにより両光ファイバ1Bを結合するものである。第7図はこれらのレンズ結合系を利用して光コネクタを構成した例であり(A. NCIA, ELECTRONICS LETTERS, VOL. 14, No. 18, PP. 511~512, 1978)、入射側及び出射側の光ファイバ1Cと、これらに近接する球レンズ2Cをそれぞれ光コネクタハウジング4C内に配設したものである。そして、球レンズ2Cによりファイバ出射光ビームを拡大し且つ略平行光束3Cに変換するようになっており、この拡大された略平行光束3Cを介して

着脱可能なコネクタ接続を行うものである。このようなビーム変換回路を構成する事により、コネクタ間の光軸方向ならびに光軸垂直方向の軸ずれに対する接続損失の増加は大幅に緩和され、さらにコネクタ間に微少な塵埃が入った場合にも損失低下を招く事無く良好な接続が得られる。また、第8図は他の応用例であり、例えば出射側に2組の光ファイバ1D-1, 1D-2及び集束性ロッドレンズ2D-1, 2D-2を配置し、これら集束性ロッドレンズ2D-1, 2D-2と光ファイバ1Dに近接して設けられた集束性ロッドレンズ2Dとの間に、プリズムホルダ5Dに収納されている平行四辺形プリズム6Dを配置した光スイッチである。そして、集束性ロッドレンズ2D及び2D-1, 2D-2間に形成される平行光束3D内へ平行四辺形プリズム6Dを出し入れすることにより光ビームを切り替えるものである(例えば、T. AOYAMA et al. 4th ECQC PP. 383~391, 1978)。

この種のマイクロオプティクス光回路部品はこの他にも多重提案されているが、いずれも集束性ロッドレンズや球レンズを用いる事から、光回路の小形化や経済化を図る上で制約を受ける。また、上記レンズ結合系は1対1の光学結合系であるために、レンズ間の光軸ずれに対する挿入損失の増加は緩やかであるが、ファイバとその先端近傍に配置されるレンズ間の光軸整合時、特に単一モードファイバを使用する際には厳しい寸法精度が要求され、高精度加工部材を必要とすると共に、部品組立作業も煩雑となる。

そこで、これらの個別レンズ結合系に代わり、光学結合系の小形化や経済化を目的に、近年光ファイバのみでビームを拡大すると共に、ファイバ出射ビームを平行光束に近づける試みが提案されている。以下第9図～第12図にこれらの提案例を示す。なお、周知の様に、単一モードファイバ同士の接続においては、これらファイバの出射ビームスポットサ

イズを大きくする事によって光軸方向ならびに光軸垂直方向の軸ずれに対する接続損失の増加を抑制出来る。

第9図は単一モードファイバ11を局部的に1000数百度に加熱して両ファイバコア部分のGeドーパントをコア中心からクラッド方向へ拡散させてファイバのスポットサイズを拡大する提案である(白石他, 1989年電子情報通信学会春季全国大会C-451、川上, 電子情報通信学会研究会OCS88-1)。同図(a)に示すように、加熱により単一モードファイバ11のコア部においてGeドーパントはコア中心からクラッド外周へ向けて拡散されてドーパント拡散領域12が形成され、伝播光ビームが連続的に拡大される。このビームの拡大により、対向ファイバ間隙へアイソレータ用磁気光学素子13等の光学要素を配置しても低損失な光回路部品を構成する事が可能となる。同図(b)は同発明者等による上記Geドーパント拡散のための熱処理工程条件

(温度、加熱時間)をパラメータとしたドーパント分布と単一モードファイバのスポットサイズ測定結果である。本提案ではファイバを1000数百度にて数時間～10時間加熱処理することによって、通常の単一モードファイバのスポットサイズを3倍程度に拡散出来るが、基本的にファイバを高温度かつ長時間加熱処理する工程が必要であり、保護樹脂層を有するファイバ芯線への適用が困難であり且つ作業性にも劣る。またこの様な高温・長時間の熱処理によりファイバの信頼性低下も懸念される。

第10図は単一モードファイバ21の先端部分を1.5mm程度に渡ってテーパ状に拡大し、これによって連続的にビームを拡大して最終的にスポットサイズを50μmφ程度に拡大したものであり(H. M. Presby et. al., APPLIED OPTICS, VOL. 27, No. 15, 1 August, pp3121-3123, 1988)、テーパ部分22の作製はファイバ母材(プリフォーム)の延伸によって行われる。

なお、同図はこの先端テーパファイバを用いて光コネクタを構成した例であり、23はコリメート光束、24はテーパ部分22同志を連結するスリーブである。本提案例ではプリフォームの延伸によりテーパ部分を作製するため、量産化が困難であり、さらにテーパ部分が10数mmと長くなり、光回路の小形化にも制約を受ける。又、1.25mmφのファイバ先端部分に2.5mmφ程度の大口径ファイバが形成されているため、コネクタ等の組立作業時にファイバの破損等を生じ易く、ハンドリングに劣る事が予想される。

第11図は上記2例の伝播ビーム拡大法と異なり、第6図(a)や第8図において使用されている集束性ロッドレンズの代わりに、単一モードファイバ31の先端へ、所定の長さを有するグレーデッドインデックス(以下G1と略す)型多モードファイバ片32を融着接続して上記レンズと同様の効果を付与したものである(WILLIAM L. EMKEY et. al., IEEE

JOURNAL OF LIGHT WAVE TECHNOLOGY, VOL. LT-5.

第9, PP1156-1164, 1978)。第12図(a)~(c)はこの先端多モードファイバ片付き単一モードファイバの作製工程を示している。まず、(a)に示すように単一モードファイバ31と多モードファイバ32とを融着用放電電極33により融着接続した後に、(b)に示すように多モードファイバ32aをファイバカッター34により所定の長さ $l$ に切断することにより完成する(c)。単一モードファイバ31からの出射光ビームを拡大しかつ平行光束に近づけるには、両ファイバ先端へ融着により接続固定されるGI型多モードファイバ片32の長さ $l$ を、前記集束性ロッドレンズと同様に多モードファイバの集束定数 $g$ から決まる光線ピッチ $P$  ( $P=2\pi/g$ )の $1/4$ 又はその奇数倍に設定すれば良い。ここで、集束定数 $g$ は次式に見られる様にGI型多モードファイバ32のコア部分の屈折率分布を性格付けるものである。

$$n(r)=n_0(1-g^2r^2)^{1/2}$$

なお、集束定数 $g$ を1.36とすれば、上記の $1/4$ ピッチの長さ $l$ は1.155mmと短尺になり、切出し作業が困難であることから、同文献では $1/4$ ピッチ長さの奇数倍に切り出す方法が提案されている。

この提案に係る光結合回路によれば、高価な集束性ロッドレンズが不要でありかつ光回路の小形化も期待出来るが、単一モードファイバ先端へ多モードファイバを融着接続した後に両多モードファイバを所定の長さ高精度に切断する作製法であるため、寸法精度を保って多モードファイバ片を歩留り良く切り出す事が煩雑となり量産性に劣る。また、多モードファイバとの接続においてはコア直径が大きく異なる為に、コア部分の、例えばGドープメント含有量の違いによって両ファイバコア部分の溶融温度が異なり、良好な融着接続を歩留り良く実現する事が困難であると予想される。さらに、両ファイバの融着接続時

に両者の光軸整合を多モードファイバからの出射光出力をモニターする事によって行う場合にも、両ファイバ間の光軸整合時に多モードファイバ特有のクラッドモードの影響を受けて綺麗な光軸整合が困難になると予想される。また、対向ファイバ間の反射減衰量改善のためには、多モードファイバ片の出射側へ反射防止膜を形成する必要があるが、上記の様に融着接続された長尺ファイバを反射防止膜成膜用の真空蒸着装置へ多数本配置する事も作業性に劣る。

以上述べたように、従来においては小形であり且つ量産性に優れた光結合回路は存在せず、その出現が要望されている。

本発明はこのような事情に鑑み、小形で量産性に優れた光結合回路を提供することを目的とする。

#### <課題を解決するための手段>

前記目的を達成する本発明に係る光結合回路は、入出力用単一モード光ファイバ両芯を

該単一モード光ファイバ固有のビームスポットサイズより大きなビームサイズを有する平行光束を介して結合するコリネート光結合回路であって、上記単一モード光ファイバの結合側の各端部には該単一モード光ファイバのクラッド外径と略同一の内径を有すると共に所定の長さを有する障肉金属パイプからなるファイバ結合用パイプが嵌着し当該ファイバ結合用パイプ内にてクラッド径が当該単一モード光ファイバと同一でコア直径が当該単一モード光ファイバより大きく且つコア部分の屈折率がコア中心からクラッド境界へ向けてその径方向の距離に応じて略二乗分布で減少する所定長さの多モードファイバ片の一方の端面と当該単一モード光ファイバの端面とが接続固定されており、該多モードファイバ片の他方の端面両芯が所定の距離を隔てて対向配置されていることを特徴とする。

また、かかる光結合回路に用いて特に好適なファイバ結合用パイプは、光ファイバ両芯

を接続固定するパイプであって、上記光ファイバのクラッド外径と略同一の内径を有する薄肉金属パイプからなることを特徴とする。

さらに、そのファイバ結合用パイプの好適な製造方法は、光ファイバのクラッド外径と略同一の内径を有する薄肉金属パイプからなり光ファイバ同志を接続固定するファイバ結合用パイプを作製するに際し、上記クラッド径と略同一若しくは多少太い外径を有する光ファイバ若しくは金属円柱棒の外周へ所定の長さによって、該光ファイバ若しくは金属円柱棒を溶解可能な溶液に対して溶解しない金属からなる金属層を所定の厚みに形成し、この金属層を形成した光ファイバ若しくは金属円柱棒を所定の長さに切断した後、これを当該光ファイバ若しくは金属円柱棒のみを溶解できる溶液に浸して該光ファイバ若しくは金属円柱棒のみを溶解除去する、ことを特徴とする。

固定をファイバ結合用パイプを介して行うことにより小形で量産性に優れたものとなる。

すなわち前記特有のファイバ結合用パイプを用いることにより光結合回路の小形化、量産化を実現できる。

また、ファイバ結合用パイプに、その長手方向によって周方向の一部が切り欠かれた切り欠け部を設けることにより、接続固定の作業性が一層向上する。

さらに、上記光結合回路において、両多モード光ファイバの相対向している端面に無反射膜を施すことにより、より一層の低損失化を図ることができる。

一方、上記光結合回路において用いられるファイバ結合用パイプには、内径寸法は勿論のこと、外径寸法についても高精度が要求されるが、これを高歩留りで製造するには、前記構成の製造方法を採用すればよい。すなわち、一定寸法の光ファイバ若しくは金属円柱棒の外周へ特定金属からなる金属層を所定の

## <作 用>

前記構成の光結合回路では、入射側の単一モード光ファイバからの光は、該単一モード光ファイバと接続固定される多モードファイバ片の長さを所定の値にすると、該多モードファイバ片内で径方向に拡大し出射時には略平行光束となる。そして、この略平行光束が相対向して配置されている多モードファイバ片に入射されると径方向に縮小して出射側の単一モードファイバに導かれる。

ここで、多モードファイバ片の長さ $l$ は、多モードファイバ片のコア部分の屈折率分布を決定する集束定数 $g$ から決まる当該多モードファイバ片内伝播光の周期の $1/4$ の奇数倍であること、つまり、下記式が成り立つのが望ましい。

$$l = (2 \cdot n + 1) \cdot 0.5 \cdot \frac{\pi}{g}$$

(但し、 $n = 0, 1, 2, 3, 4 \dots$ )

また、前記構成の光結合回路は、単一モード光ファイバと多モード光ファイバとの接続

厚さで形成し、これを一定の長さに切断した後、内側の光ファイバ若しくは金属円柱棒のみを溶解することにより、高精度の光ファイバ結合用パイプを容易に且つ高歩留りで製造することができる。

## <実施例>

以下、本発明を実施例に基づいて説明する。

第1図には一実施例に係る光結合回路を概念的に示す。同図に示すように、保護樹脂層を全て除去した入射側及び出射側の単一モードファイバ101の先端へは、それぞれG1型多モードファイバ片102がファイバ結合用パイプ103を介して接続固定されている。

ここで、単一モードファイバ101及びG1型多モードファイバ片102は同一のクラッド外径を有しており、また、G1型多モードファイバ片102は次式を満たす所定の長さ $l$ となっている。

$$l = (2 \cdot n + 1) \cdot 0.5 \cdot \frac{\pi}{g}$$

( $n = 0, 1, 2, 3, 4 \dots$ )

つまり、 $\delta$ は、G I型多モードファイバ片102のコア部分の屈折率分布を決定する集束定数 $\delta$ から決まる両ファイバ内の伝播光の周期の $1/4$ の奇数 近傍に設定される。なお、G I型多モードファイバ片102は、保護樹脂層を全て除去した裸多モードファイバを多数本同時に切断・研磨して製作したものである。

一方、ファイバ結合用パイプ103は、単一モードファイバ101及びG I型多モードファイバ片102のクラッド外径と略同一の内径を有する薄肉金属パイプからなるものであり、高精度で且つ歩留まりよく製造するには後述するような方法を採用するのがよい。

単一モードファイバ101とG I型多モードファイバ片102とのファイバ結合用パイプ103内での接続固定には、透光性に優れ且つ光ファイバコア部とはほぼ等しい屈折率を有する紫外線硬化樹脂を用いるとよい。これにより、短時間で低損失な接続が実現できる

102のコア部102a内に入り、今度は徐々に径方向に揃って集束し、出射側(図中右側)単一モードファイバ101のコア部101aに結合する。

第2図には、ファイバ結合用パイプの他の例を示すものである。すなわち、本例のファイバ結合用パイプ107は、その長手方向に亘って周方向の一部が切り欠かれた切り欠け部107aが形成されている、いわゆる割りパイプとなっている。これによって両ファイバの接続固定作業が一層容易になる。なお、図中、101は単一モードファイバ、102はG I型多モードファイバ片を示すのは第1図と同様であり、また、101bは単一モードファイバ101のファイバ保護樹脂層を示している。

ところで、通常の多モードファイバの集束定数から拡大光ビームのスポットサイズを求めると $30\mu\text{m}$ 前後であり、単一モードファイバ先端へこの種の多モードファイバ片を接

からである。なお、図中、104はかかる接続固定層を示している。

このようにして単一モードファイバ101に接続固定されたG I型多モードファイバ片102の単一モードファイバ101に対して反対側の端面両端は所定の間隔を設けて対向配置されており、コリメート光結合回路を構成している。なお、G I型多モードファイバ片102の対向面には反射防止膜105が形成されており、これによって良好な反射減衰量が得られる。

このような光結合回路では、例えば入射側(図中左側)の単一モードファイバ101のコア部101a内を伝播する光がG I型多モードファイバ片102のコア部102a内に入るとその伝播域が径方向に徐々に拡がり、出射時には単一モードファイバ固有のビームスポットサイズより大きなビームサイズを有する平行光束106となる。この平行光束106は相対向する他のG I型多モードファイバ片

と固定して対向配置した際に、過剰損失を1dB以下に抑制するに必要な光軸ずれ(光軸と直角方向)は約 $\pm 5\mu\text{m}$ 前後となる。従って、両ファイバを接続固定するファイバ結合用パイプの外径寸法にもこの程度の精度が要求されることになる。

このようなファイバ結合用パイプの製造法としては金属パイプの延伸等が考えられるが、内径寸法精度として挿入される両ファイバ外径に対して $\pm 1\mu\text{m}$ 以下を、外径寸法精度として前述のように $\pm 5\mu\text{m}$ 以下を保つには同製造法では高い歩留りを期待する事が困難である。

ここで、上記ファイバ結合用パイプ104、107を高精度で且つ歩留りよく製造する方法を示す。

例えば、上記単一モードファイバ101やG I型多モードファイバ102のクラッド外径よりも約 $1\mu\text{m}$ 程度太い外径を有する金属円柱棒の外周へ、心棒となる金属円柱棒を溶

解可能な溶液では溶解しない金属からなる金属層を、所定の厚みで所定の長さに亘って鍍金法により形成し、しかる後に該金属層を所定のエッチング溶液にて溶解除去して薄肉金属膜からなるファイバ結合用パイプを作製する。さらに詳言すると心棒となる材質には銅、銅合金（例えば真鍮）、あるいは鉄系合金等を、薄肉金属層材質としては例えば金を用いれば、心棒である円柱金属棒を塩化第2鉄溶液で容易に溶解でき、金属の薄肉パイプからなるファイバ結合用パイプが得られる。

また、他の方法としては、接続される多モードファイバ片、単一モードファイバのクラッド外径より1 $\mu\text{m}$ 程度太い外径を有するガラスファイバの外周表面へ、心棒となる上記ガラスファイバを溶解可能な溶液では溶解しない金属層を所定の厚みで所定の長さに被って鍍金法により形成し、しかる後にこの金属コートファイバを所定の長さに切断して心棒のガラスファイバ部分を弗酸系溶液にてエッ

チング除去して薄肉パイプからなるファイバ結合用パイプを得る方法がある。なお、かかる方法によると、後述するように、多モードファイバ片付き単一モードファイバ両端の対向接続配置作業が容易となるという効果を奏する、磁性膜からなるファイバ結合用パイプを作製することができる。

ここで、ファイバ結合用パイプの一例を作業工程を示す第3図(a)~(c)を参照しながら説明する。同図(a)は、裸ファイバの表面に蒸着薄膜を形成する工程を示す。すなわち、フレーム111に両端が固定されている裸ファイバ112を真空蒸着装置内へ配置し、図示のようにフレーム111を回転させながら所定の蒸着金属薄膜を裸ファイバ112の外周表面へ形成する工程である。なお、図中113は蒸着金属層を示す。次に、同図(b)は、蒸着金属薄膜形成光ファイバの外周表面に電気鍍金法により金属層を形成する工程を示す。なお、ここでの金属層は、同図(c)に示すエッチ

ング工程で用いる溶液では溶解しないものを用いる。同図中、114は鍍金液115を貯えるための鍍金浴槽、115は鍍金浴槽114内に配置されている電気鍍金陰極、117は鍍金液115の上方に配置されている電気鍍金陰極、118はこれら陰極116と陰極117とに接続される電源であり、(a)の工程で得られた蒸着金属薄膜形成光ファイバ119は電気鍍金陰極117に取り付けられてその大部分が鍍金液115中へ浸漬された状態となっている。この状態で電気鍍金を行うことにより、蒸着金属薄膜形成光ファイバ119の表面に数 $\mu\text{m}$ ~数十 $\mu\text{m}$ の厚みの金属膜が形成される。そして、同図(c)はこのように形成した金属膜を残してガラスファイバ部分のみをエッチング除去する工程を示す。同図中、120はガラスファイバ部分、121は(b)の工程で形成された金属膜を示しており、(b)の工程終了後、所定の長さに切断したものを、ガラスファイバ部分121のみを除去可能な

溶液中に所定の時間浸すことにより、ガラスファイバ部分121のみが徐々にエッチング除去されて薄肉パイプからなるファイバ結合用パイプ122が作製される。

具体的には、例えば、上記裸ガラスファイバ112として、接続される単一モードファイバ及び多モードファイバ（クラッド径125 $\mu\text{m}\phi$ ）よりも1 $\mu\text{m}$ 程度太いファイバを用い、その外周表面へ真空蒸着法によりTi、NiCr等を数千Å蒸着した後、さらにAuを数千Å蒸着し（工程(a)）、次いで、電気鍍金法によりAu膜を20 $\mu\text{m}$ 程度に形成し（工程(b)）、しかる後、該金属コート光ファイバを数mの長さに切断して弗酸溶液中に浸すことにより、Au薄肉金属パイプからなるファイバ結合用パイプが作製される（工程(c)）。このように形成されたファイバ結合用パイプの断面を観察したところ、ガラスファイバ部分の弗酸溶液によるエッチング時において、下地蒸着金属であるTi又はNiCrの蒸着層も同時にエ



ッティング除去されていることが判った。また、かかるファイバ結合用パイプは、該パイプに挿入される単一モードファイバ及び多モードファイバのクラッド外径とのクリアランスは略1 $\mu$ m以内であり、該パイプへファイバがスムーズに挿入できることが確認された。

また、第2図に示すような切り欠け部107aを有するファイバ結合用パイプ107を製造するには、例えば、第3図(a)の工程において裸ファイバ112を固定したフレーム111を回転させずに煮着して、一部に煮着金属が付着していない部分を形成するようにすればよい。すなわち、煮着金属が付着しない部分には(b)工程においても金属膜が形成されず、この部分が第2図に示す切り欠け部107aとなる。

なお、心棒に用いるガラスファイバと金属円柱棒とを比較すると、ガラスファイバの方が偏芯、表面精度が優れているため、心棒としてガラスファイバを用いた方が作製される

また、両光コネクタハウジング131A、131Bを接続する際の各ファイバの光軸整合は、光コネクタハウジング131A、131Bの対向面の両端に配置されているガイドピン用孔132とガイドピン133との嵌合によって行われる。このとき、多モードファイバ片102の端面両端は所定の間隙をおいて対向するようになっており、該多モードファイバ片102によるビーム拡大効果によって、対向ファイバ間の光軸ずれ(垂直・水平方向)に対する接続損失の増加は緩和され、これによって、多芯ファイバ各接続部における損失不揃いも格段に改善される。なお、第4図中106は単一モードファイバ保護樹脂部を示している。

さらに、光結合回路の他の例を第5図を参照しながら説明する。同図に示すように、この例は単一モードファイバ101とG1型多モードファイバ片102との接続固定をするためのファイバ結合用パイプ141をFeNi

ファイバ結合用パイプの内径や内壁寸法精度が優れたものとなる。

次に、本発明に係る光結合回路の他の例として、多芯状単一モードファイバ間接続用光コネクタを実現した例を第4図を参照しながら説明する。

同図に示すように、各々の単一モードファイバ101とG1型多モードファイバ片102とは、切り欠け部107aを有するファイバ結合用パイプ107内で紫外線硬化樹脂により接続固定されており、この多モードファイバ片付き単一モードファイバは光コネクタハウジング131A、131Bの図示しないファイバ挿入用細孔へ固定されている。ここで、多モードファイバ片102の長さ $l$ は次式をほぼ満足する長さである。

$$l = (2 \cdot n + 1) \cdot 0.5 \cdot \frac{\pi}{\beta}$$

$$\left( \begin{array}{l} n = 0, 1, 2, 3, 4 \dots \\ \beta = \text{多モードファイバコアの屈折率} \\ \quad \text{集束定数} \end{array} \right)$$

やNiCo等の磁性合金膜で形成したものであり、多モードファイバ片付き単一モードファイバ同志の対向接続配置作業が以下のように非常に容易となる。すなわち、中間にコリネート光束の形成される空間部分142が形成されたハウジング部材143のV溝部144の直下の窪みに永久磁石145を配置しておけば、多モードファイバ片付き単一モードファイバをV溝部144へ配置する際にファイバ結合用パイプ141が永久磁石145に吸引されるので、両側のファイバが自動的に対向配置されるようになる。そして、両ファイバの配置が完了した後は、紫外線硬化樹脂や金属膜材によって各ファイバはV溝部144に固定される。なお、この場合、ハウジング部材143の材質には非磁性体を用いるのが好ましく、高精度V溝部の形成という観点からもSi単結晶基板を使用するのが特に好ましい。また、上記空間部分142へ、所望の光学素子、例えば干渉膜フィルターや磁気光

光学素子等を配置することにより、各種の光回路部品が容易に構成することができる。

なお、以上説明した実施例では、ファイバ結合用パイプを本発明に係るコリメート光結合回路に用いた例を示したが、かかるファイバ結合用パイプの用途はこれに限定されず、一般のファイバを高精度且つ容易に接続するものとして有用である。

#### ＜発明の効果＞

以上説明したように、本発明では、単一モードファイバ先端へ、所定の長さに予め切り出されたG I型多モードファイバ片をこれらファイバのクラッド外径と略同じ内径を有する所定の長さのファイバ結合用パイプ内で接続固定し、これら多モードファイバ片を先端に接着固定した入出力単一モードファイバ同志を所定の間隙を設けて対向配置してコリメート光結合回路を構成しているため、コリメート光結合回路の小形化、低損失化、製造性向上等を図ることができる。

- 107Aは切り欠け部、
- 111はフレーム、
- 112は裸ファイバ、
- 113は蒸着金属源、
- 114は鍍金浴槽、
- 115は鍍金液、
- 116は電気鍍金陽極、
- 117は電気鍍金陰極、
- 119は蒸着金属薄膜形成光ファイバ、
- 120はガラスファイバ部分、
- 121は金属膜、
- 122はファイバ結合用パイプ、
- 131A、131Bは多芯コネクタハウジング、
- 132はガイドピン用孔、
- 133はガイドピン、
- 141はファイバ結合用パイプ（磁性膜パイプ）、
- 142はコリメート光束形成空間部分、
- 144はV溝部、

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図～第5図は本発明の実施例に係り、第1図は光結合回路の概念図、第2図はファイバ結合用パイプの他の例を示す説明図、第3図はファイバ結合用パイプ作製の工程図、第4図及び第5図は他の光結合回路を示す概念図であり、第6図～第8図は従来技術に係る個別レンズを用いたコリメート光結合回路及びその応用例を示す説明図、第9図～第12図は個別レンズ結合系に代わり、光ファイバのみでドーム拡大並びにコリメート光結合回路を構成する従来技術を示す説明図である。

図 面 中、

- 101は単一モードファイバ、
- 102はG I型多モードファイバ、
- 103はファイバ結合用パイプ、
- 104は接着材層、
- 105は反射防止膜、
- 106は平行光束、
- 107はファイバ結合用パイプ、

145は永久磁石である。

特 許 出 願 人

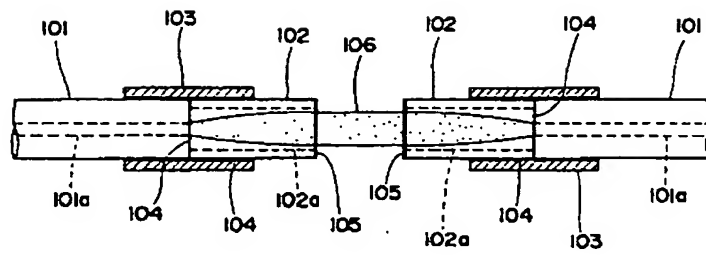
日本電信電話株式会社

代 理 人

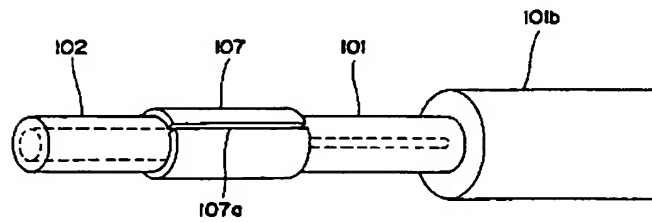
弁理士 光 石 英 俊

(他1名)

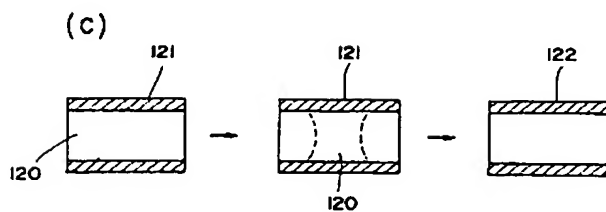
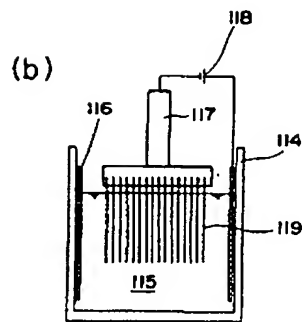
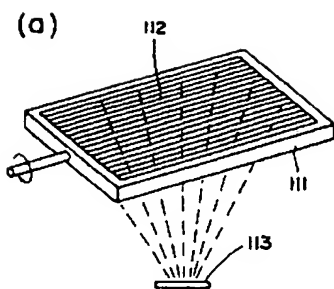
第 1 図



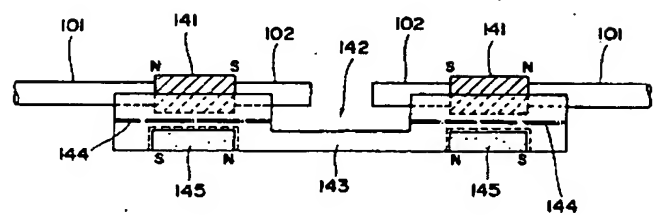
第 2 図



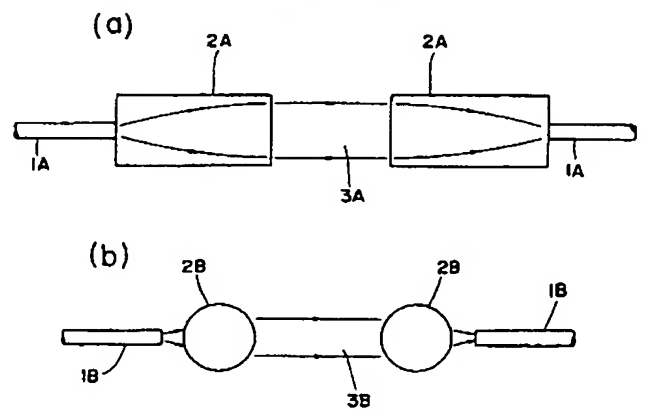
第 3 図



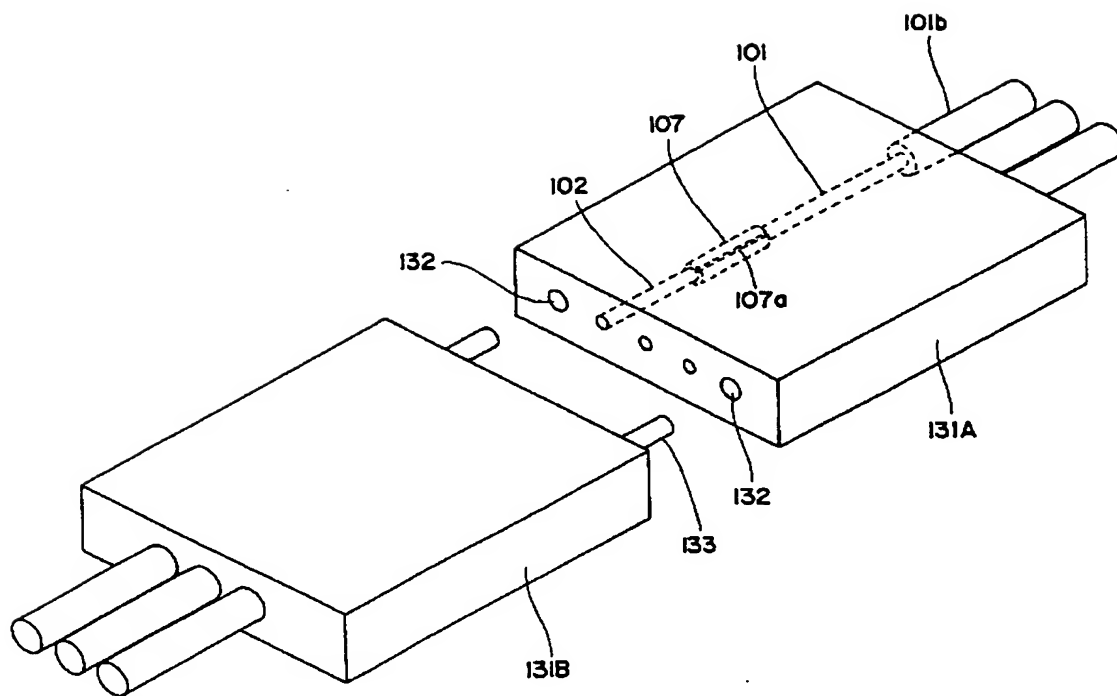
第 5 図



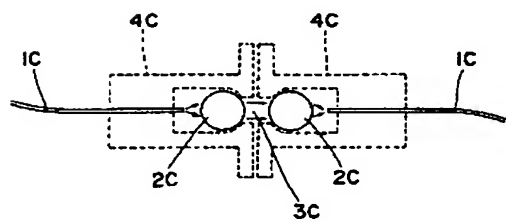
第 6 図



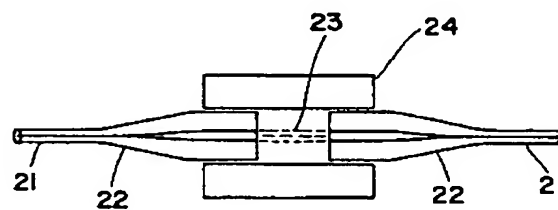
第 4 図



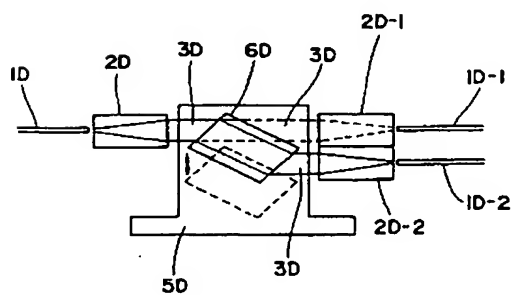
第 7 図



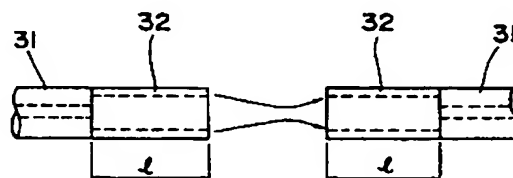
第 10 図



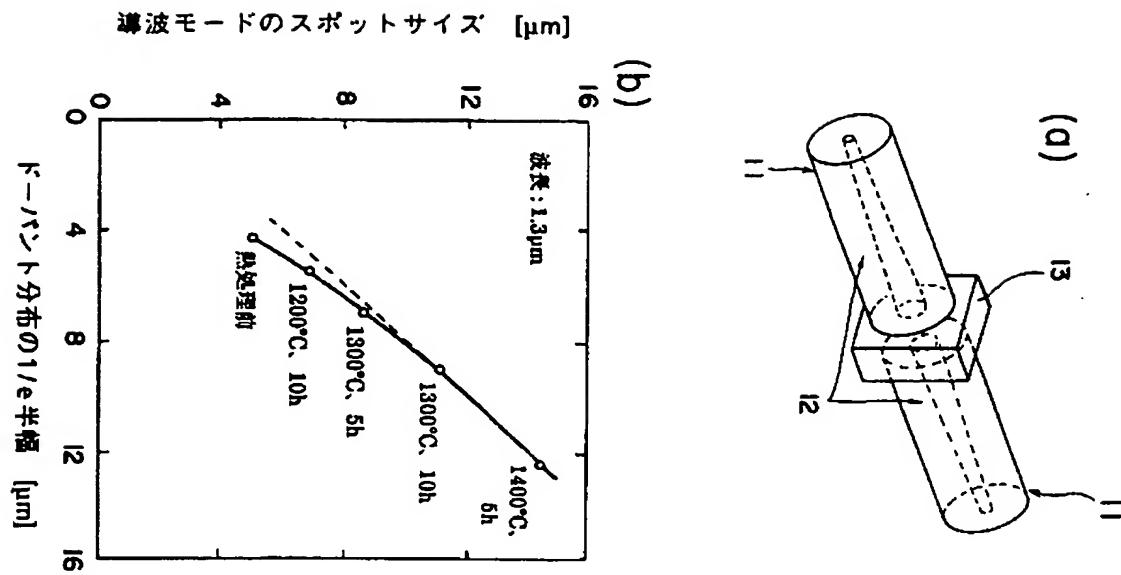
第 8 図



第 11 図



第 9 図



第 12 図

